



REC'D 21 JUL 2003

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 45 573.2

Anmeldetag: 27. September 2002

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen

IPC: F 02 M 61/16

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 12. Mai 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Wehner

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

A 9161
06/00
EDV-L

BEST AVAILABLE COPY

25.09.2002 H1/Kei

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10 Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen

Stand der Technik

15

20

30

35

Die Erfindung geht von einem Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen aus, wie es aus dem Stand der Technik bekannt ist. So zeigt beispielsweise die WO 96/19661 ein Kraftstoffeinspritzventil mit einem Ventilkörper, in dem eine Bohrung ausgebildet ist, die an ihrem brennraumseitigen Ende von einem konischen Ventilsitz begrenzt wird. In der Bohrung ist eine kolbenförmige Ventilnadel längsverschiebbar angeordnet, die an ihrem brennraumseitigen Ende eine im wesentlichen konische Ventildichtfläche aufweist. Die Ventildichtfläche unterteilt sich dabei in zwei Konusflächen, die voneinander durch eine Ringnut getrennt sind. Die Öffnungswinkel der beiden Konusflächen und der Öffnungswinkel des konischen Ventilsitzes sind hierbei so aufeinander abgestimmt, dass bei Anlage der Ventilnadel am Ventilsitz die Kante, die am Übergang der Ringnut zur ersten Konusfläche ausgebildet ist, am Ventilsitz zur Anlage kommt und als Dichtkante dient, um den Kraftstoffzufluss zu wenigstens einer Einspritzöffnung zu steuern, die vom Ventilsitz abgeht und in den Brennraum der Brennkraftmaschine mündet.

Die zweite Kante der Ringnut, die neben der Dichtkante die Ringnut begrenzt und am Übergang zur zweiten Konusfläche an

der Ventildichtfläche ausgebildet ist, ist in Schließstellung der Ventilnadel, d.h. wenn die Ventilnadel mit ihrer Dichtkante am Ventilsitz zur Anlage kommt, vom Ventilsitz beabstandet. Die Ventilnadel wird durch eine Schließkraft in ihrer Schließstellung gehalten, indem auf ihr brennraumabgewandtes Ende eine Schließkraft wirkt, die die Ventilnadel gegen den Ventilsitz drückt. Damit die Ventilnadel die Einspritzöffnungen freigibt, muss eine hydraulische Gegenkraft auf die Ventiladel wirken, die die Schließkraft übersteigt. Bei einem entsprechenden Druck im Druckraum, der zwischen der Ventilnadel und der Wand der Bohrung ausgebildet ist, ergibt sich eine entsprechende hydraulische Kraft unter anderem auf Teile der Ventildichtfläche, was eine entsprechende, der Schließkraft entgegengerichtete Öffnungskraft erzeugt. Hebt die Ventilnadel nun vom Ventilsitz ab, so strömt Kraftstoff aus dem Druckraum zu den Einspritzöffnungen zwischen dem Ventilsitz und der Ventildichtfläche hindurch.

Im Teilhubbereich, also bevor die Ventilnadel ihren maximalen Öffnungshub erreicht hat, tritt das Problem auf, dass durch den einströmenden Kraftstoff, der unter hohem Druck im Druckraum vorherrscht, auch der Druck in der Ringnut ansteigt. Ein Weiterfluss zu den Einspritzöffnungen ist vorerst nur gedrosselt möglich, da der Spalt zwischen der zweiten Kante der Ringnut und dem Ventilsitz für eine entsprechende Drosselung sorgt, insbesondere dann, wenn sich im Laufe des Gebrauchs der Abstand zwischen der zweiten Kante und dem Ventilsitz durch den Verschleiß immer weiter verringert oder in Schließstellung der Ventilnadel sogar völlig verschwindet. Durch diesen erhöhten Druck in der Ringnut ergibt sich eine zusätzliche Öffnungskraft auf die Ventilnadel, die anfänglich nicht vorhanden ist und die Öffnungsgeschwindigkeit und damit auch den Zeitpunkt ändert, bei dem die Ventilnadel ihre maximale Öffnung erreicht. So ändert sich mit der Zeit die Öffnungsdynamik der Ventilnadel und

damit auch die eingespritzte Kraftstoffmenge. Für eine präzise Kraftstoffeinspritzung, wie sie bei schnelllaufenden, selbstzündenden Brennkraftmaschinen notwendig ist, führt diese Veränderung in der Öffnungsdynamik dazu, dass bezüglich der Schadstoffemissionen und des Kraftstoffverbrauchs nicht mehr die optimale Einspritzung gewährleistet ist.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzventil mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 weist demgegenüber den Vorteil auf, dass die Öffnungsdynamik der Ventilnadel über die gesamte Lebensdauer konstant bleibt. Hierzu sind an der Ventildichtfläche Ausnehmungen ausgebildet, die die Ringnut mit einem brennraumseitig zur Ringnut gelegenen Abschnitt der zweiten Konusfläche hydraulisch verbinden. Im Teilhubbereich der Ventilnadel kann sich deshalb kein zusätzlicher Kraftstoffdruck in der Ringnut aufbauen, da der Kraftstoff durch die Ausnehmungen in den Raum abgeleitet wird, der zwischen dem Ventilsitz und der zweiten Konusfläche ausgebildet ist. Dieser Raum ist wiederum über die Einspritzöffnungen mit dem Brennraum verbunden, so dass eine zuverlässige Druckentlastung der Ringnut im Teilhubbereich gewährleistet ist. Erst bei Erreichen des Maximalhubs strömt der Kraftstoff aus dem Druckraum auch in diese Bereiche der Ventildichtfläche und sorgt für den entsprechenden Druckanstieg, um den Kraftstoff unter hohem Druck in den Brennraum einzuspritzen.

Durch die Ausbildungen gemäß den Unteransprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen des Gegenstandes der Erfindung möglich.

In einer ersten vorteilhaften Ausgestaltung ist die Struktur als eine Aufrauung auf der Ventildichtfläche ausgebildet.

Die Aufrauung schließt sich dabei unmittelbar an die Ringnut an und ist somit auf der zweiten Konusfläche angeordnet. Eine solche Aufrauung lässt sich in einfacher Art und Weise entweder mit einem Laser oder einem Ätzverfahren herstellen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind die Ausnehmungen als eine Vielzahl von Nuten ausgebildet. Durch einen entsprechenden Gesamtquerschnitt der Nuten lässt sich ein entsprechender Querschnitt herstellen, bei dem eine Druckentlastung der Ringnut sichergestellt ist. Diese Nuten können auf verschiedene Art und Weise in vorteilhafter Art und Weise ausgebildet sein. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Nuten als Mikronuten ausgebildet sind, deren Tiefe weniger als 50 μm beträgt. Durch entsprechend flache Mikronuten ist die Stabilität der Ventilnadel im Bereich des Ventilsitzes nicht beeinträchtigt, und über die Anzahl der Nuten lässt sich trotzdem ein entsprechender Querschnitt herstellen, der für eine Druckentlastung der Ringnut ausreichend ist. Besonders vorteilhaft ist hierbei, wenn die Tiefe der Nuten größer ist als deren Breite, da sich dann die Fläche bei gleichem Durchflussquerschnitt erhöht, mit der die Ventilnadel auf dem Ventilsitz aufsitzen kann. Dies vermindert den Verschleiß im Bereich des Ventilsitzes und erhöht somit die Lebensdauer des Kraftstoffeinspritzventils.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist die strukturierte Fläche durch Nuten gebildet, deren brennraumabgewandtes Ende innerhalb der Ringnut liegt. Solche Nuten bringen den Vorteil, dass sie sich einfacher einbringen lassen. Beginnt die Ringnut genau an der zweiten Kante der Ringnut, so ist es beim Herstellungsprozess nicht immer möglich, den Anfang der Nut exakt auf die zweite Kante zu setzen. Beginnt die Ringnut jedoch innerhalb der Ringnut, so spielt die ge-

naue Position des brennraumseitigen Endes der Nuten keine Rolle.

5 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind die Aus-
nehmungen als eine Vielzahl von Nuten ausgebildet, die S-
förmig gebogen sind. Derart gestaltete Nuten haben den Vor-
teil, dass sie sich schneller und damit günstiger herstellen
lassen. Bei einer Herstellung durch einen Laserprozess muss
10 die Nadel entsprechend gedreht werden, damit die Laservor-
richtung die Nut an die richtige Stelle der Ventildichtflä-
che einbringt. Hierzu wird die Ventilnadel um einen bestimm-
ten Winkel um ihre Längsachse gedreht, verharrt in dieser
Stellung, bis durch den Laser die Nut eingebracht ist, und
dreht sich sodann weiter. Bei S-förmig gebogenen Nuten ist
15 es jedoch möglich, die Ventilnadel kontinuierlich zu drehen,
so dass bei der Bewegung des Lasers entlang der Längsachse
der Ventilnadel eine gebogene Nut entsteht.

20 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ändert sich
die Breite der Nuten von ihrem brennraumabgewandten Ende zum
Ende, das dem Brennraum zugewandt ist. Besonders vorteilhaft
ist hierbei, wenn die Breite in dieser Richtung abnimmt.
Hierdurch erhält man eine rasche Ableitung des Kraftstoffs
aus der Ringnut und eine entsprechende Verringerung der
Drosselung an der zweiten Kante der Ringnut, wobei durch den
abnehmenden Querschnitt der Nuten zu den Einspritzöffnungen
hin die Strömungsverhältnisse zwischen dem Ventilsitz und
der Ventildichtfläche zumindest näherungsweise wieder denen
der bekannten Kraftstoffeinspritzventile entsprechen, so
30 dass sich auch identische Einströmbedingungen in die Ein-
spritzöffnungen ergeben.

35 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind die Aus-
nehmungen als Flächenanschliffe ausgebildet, die auf der
zweiten Konusfläche ausgebildet sind. Solche Flächenan-

schliffe sind mit wenig Aufwand herstellbar, so dass eine kostengünstige Fertigung möglich ist.

5 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung schließt sich an den konischen Ventilsitz brennraumzugewandt ein Sackvolumen an, von dem die wenigstens eine Einspritzöffnung abgeht. In vorteilhafter Weise verlaufen die Nuten so weit in Richtung des Brennraums, dass sie wenigstens bis zur Übergangskante zwischen dem konischen Ventilsitz und dem Sackvolumen reichen. Hierdurch wird neben einer Druckentlastung der Ringnut auch der Vorteil erreicht, dass die Drosselung an der Übergangskante verringert wird und so der Kraftstoff mit weniger Verlusten in das Sackvolumen einströmen kann.

10
15 Ein weiteres erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzventil mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 16 weist denselben Vorteil auf wie das Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1. Hier sind die Ausnehmungen jedoch am Ventilsitz ausgebildet, welche Ausnehmungen die Ringnut mit einem
20 brennraumseitig zur Ringnut gelegenen Abschnitt des Ventilsitzes hydraulisch verbinden. Hydraulisch wirken diese Ausnehmungen gleich, so dass auch hier ein Druckaufbau in der Ringnut bei Teilhub der Ventilnadel verhindert wird.

30 In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Gegenstandes von Anspruch 16 verlaufen die Nuten zwischen den Einspritzöffnungen, die hier vom Ventilsitz ausgehen. Hierdurch werden die Einlaufbedingungen in die Einspritzöffnungen nicht verändert gegenüber den bisher gebräuchlichen Einspritzventilen, so dass hier keine Anpassung stattfinden muss. Es kann aber auch vorteilhaft sein, die Nuten für einen gleichmäßigen Einlauf des Kraftstoffs in die Einspritzöffnungen zu nutzen. Hierzu verlaufen die Nuten über die Einspritzöffnungen, so dass der gleichmäßige Kraftstoffzulauf nicht durch

eine eventuelle leichte Schiefstellung der Ventalnadel beeinträchtigt wird.

5 Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Ausnehmungen mit einem Laserverfahren hergestellt wird, da hiermit in wirtschaftlicher Art und Weise nahezu beliebig strukturierte Flächen ausgebildet werden können, die sich mit mechanischen Bearbeitungsverfahren nicht oder nur mit erheblich größerem Aufwand herstellen lassen.

10 Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des Gegenstandes der Erfindung sind der Beschreibung und der Zeichnung entnehmbar.

15 Zeichnung

In der Zeichnung ist ein erfindungsgemäßes Kraftstoffeinspritzventil dargestellt. Es zeigt

20 Figur 1 einen Längsschnitt durch ein erfindungsgemäßes Kraftstoffeinspritzventil,

Figur 2 eine Vergrößerung des mit A bezeichneten Ausschnitts von Figur 1,

Figur 3 denselben Ausschnitt wie Figur 2 eines weiteren Ausführungsbeispiels,

Figur 4a und

Figur 4b zeigen einen Querschnitt durch einen Teil der Ventalnadel im Bereich einer Nut,

Figur 5,

30 Figur 6 und

Figur 7 denselben Ausschnitt wie Figur 2 weiterer Ausführungsbeispiele,

Figur 8 denselben Ausschnitt wie Figur 2 eines weiteren Ausführungsbeispiels,

- Figur 9 nochmals den gleichen Ausschnitt wie Figur 2, jedoch ist der Ventilkörper hier an seinem brennraumseitigen Ende leicht abgewandelt zu der in Figur 1 gezeigten Ausgestaltung dargestellt,
- 5 Figur 10 eine Vergrößerung des mit A bezeichneten Ausschnitts von Figur 1 eines weiteren Ausführungsbeispiels,
- Figur 11 einen Querschnitt durch das in Figur 10 gezeigte Kraftstoffeinspritzventil entlang der Linie B-B,
- 10 Figur 12 denselben Ausschnitt wie Figur 10 eines weiteren Ausführungsbeispiels,
- Figur 13 eine perspektivische Ansicht des in Figur 12 gezeigten Ausführungsbeispiels, wobei die Ventilnadel weggelassen wurde, und
- 15 Figur 14 dieselbe Ansicht wie Figur 9 eines weiteren Ausführungsbeispiels.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

20 Figur 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Kraftstoffeinspritzventil im Längsschnitt. In einem Ventilkörper 1 ist eine Bohrung 3 ausgebildet, die an ihrem brennraumseitigen Ende von einem konischen Ventilsitz 12 begrenzt wird. Vom Ventilsitz 12 geht wenigstens eine Einspritzöffnung 14 ab, die in Einbaulage des Kraftstoffeinspritzventils in den Brennraum der Brennkraftmaschine mündet. In der Bohrung 3 ist eine kolbenförmige Ventilnadel 5 längsverschiebbar angeordnet, die mit einem geführten Abschnitt 105 in einem Führungsabschnitt 103 der Bohrung 3 geführt ist. Ausgehend vom geführten Abschnitt 105 der Ventilnadel 5 verjüngt sich die Ventilnadel 5 dem

30 Ventilsitz 12 zu unter Bildung einer Druckschulter 7 und geht an ihrem brennraumseitigen Ende in eine Ventildichtfläche 10 über. In ihrer Schließstellung liegt die Ventilnadel 5 mit der Ventildichtfläche 10 am Ventilsitz 12 auf und verschließt so die Einspritzöffnungen 11 gegen einen zwischen

35

der Ventilnadel 5 und der Wand der Bohrung 3 ausgebildeten Druckraum 16. Der Druckraum 16 ist auf Höhe der Druckschulter 7 radial erweitert, und in die radiale Erweiterung des Druckraums 16 mündet ein im Ventilkörper 1 verlaufender Zulaufkanal 18, über den der Druckraum 16 mit Kraftstoff unter hohem Druck befüllt werden kann.

Am brennraumabgewandten Ende wird die Ventilnadel 5 von einer konstanten oder variablen Schließkraft in Richtung des Ventilsitzes 12 beaufschlagt. Eine entsprechende Vorrichtung ist beispielsweise eine Feder oder eine Vorrichtung, die die Schließkraft hydraulisch erzeugt. Durch eine Längsbewegung der Ventilnadel 5 entgegen der Schließkraft wird ein Spalt zwischen der Ventildichtfläche 10 und dem Ventilsitz 12 aufgesteuert, so dass Kraftstoff aus dem Druckraum 16 den Einspritzöffnungen 14 zufließen kann und von dort in den Brennraum der Brennkraftmaschine eingespritzt wird. Die entsprechende Öffnungskraft, die der Schließkraft entgegengerichtet ist, wird hierbei durch die hydraulische Kraft auf Teile der Ventildichtfläche 10 und die Druckschulter 7 erzeugt. Durch einen variablen Druck im Druckraum 16 oder durch eine Änderung der Schließkraft auf die Ventilnadel 5 lässt sich das Verhältnis von Öffnungs- und Schließkraft ändern und so die Ventilnadel 5 in der Bohrung 3 bewegen.

Figur 2 zeigt eine Vergrößerung von Figur 1 im mit A bezeichneten Ausschnitt. Die Ventildichtfläche 10 umfasst eine erste Konusfläche 20 und eine zweite Konusfläche 22, wobei die zweite Konusfläche 22 brennraumzugewandt zur ersten Konusfläche 20 ausgebildet ist. Zwischen der ersten Konusfläche 20 und der zweiten Konusfläche 22 ist eine Ringnut 25 ausgebildet, wobei am Übergang der ersten Konusfläche 20 zur Ringnut 25 eine Dichtkante 27 und am Übergang der Ringnut 25 zur zweiten Konusfläche 22 eine zweite Kante 29 ausgebildet ist. Der Öffnungswinkel α der ersten Konusfläche 20 ist

kleiner als der Öffnungswinkel γ des konischen Ventilsitzes 12, so dass zwischen der ersten Konusfläche 20 und dem Ventilsitz 12 ein Differenzwinkel δ_1 ausgebildet ist. Der Öffnungswinkel β der zweiten Konusfläche 22 ist größer als der Öffnungswinkel γ des Ventilsitzes 12, so dass zwischen der zweiten Konusfläche 22 und dem Ventilsitz 12 ein Differenzwinkel δ_2 ausgebildet ist. Vorzugsweise ist hierbei der Differenzwinkel δ_1 kleiner als der Differenzwinkel δ_2 . Durch diese Ausbildung der konischen Flächen 20, 22 und des konischen Ventilsitzes 12 wirkt die Ventildichtfläche 10 so mit dem Ventilsitz 12 zusammen, dass bei Anlage der Ventilnadel 5 am Ventilsitz 12 die Ventildichtfläche im Bereich der Dichtkante 27 am Ventilsitz 12 aufliegt. Dadurch erhält man in diesem Bereich eine relativ hohe Flächenpressung, was eine sichere Abdichtung des Druckraums 16 bezüglich der Einspritzöffnungen 14 ermöglicht. Die zweite Kante 29 der Ringnut 25 liegt zumindest im Neuzustand des Kraftstoffeinspritzventils nicht am Ventilsitz 12 an, jedoch kann sich dieser Abstand im Verlauf des Betriebes durch entsprechenden Verschleiß verringern und schließlich dazu führen, dass in Schließstellung der Ventilnadel 5 auch die zweite Kante 29 am Ventilsitz 12 aufliegt. An der zweiten Konusfläche 22 und direkt angrenzend an die Ringnut 25 sind Ausnehmungen 35 ausgebildet, die eine hydraulische Verbindung zwischen der Ringnut 25 und dem Raum herstellt, der zwischen der zweiten Konusfläche 22 und dem Ventilsitz 12 gebildet ist.

Zu Beginn der Öffnungshubbewegung der Ventilnadel 5 liegt im Druckraum 16 ein hoher Druck an, der die erste Konusfläche 20 beaufschlagt, was einen Teil der Öffnungskraft auf die Ventilnadel 5 bewirkt. Unmittelbar nach dem Abheben der Ventilnadel 5 vom Ventilsitz 12 wird zwischen der Dichtkante 27 und dem Ventilsitz 12 ein Spalt aufgesteuert, durch den Kraftstoff unter hohem Druck aus dem Druckraum 16 in die Ringnut 25 einströmt, die vorher drucklos gewesen ist, so

dass dort der Kraftstoffdruck ansteigt. Zwischen der zweiten Kante 29 und dem Ventilsitz 12 ist zwar erst ein geringer Ringspalt aufgesteuert, jedoch ist durch die Ausnehmungen 35 ein weiterer Durchflussquerschnitt vorhanden, so dass der Kraftstoff aus der Ringnut 25 rasch abgeleitet wird und der Druckanstieg dort nur gering ausfällt. Erst bei der weiteren Öffnungshubbewegung, wenn zwischen der Dichtkante 27 und dem Ventilsitz 12 und entsprechend auch zwischen der zweiten Kante 29 und dem Ventilsitz 12 ein relativ großer Spalt aufgesteuert ist, fließt viel Kraftstoff unter hohem Druck aus dem Druckraum 16 den Einspritzöffnungen 14 zu, so dass jetzt auch in der Ringnut 25 ein entsprechend hoher Kraftstoffdruck herrscht. Die strukturierte Fläche 35 spielt zu diesem Zeitpunkt, zu dem die Ventilmadel 5 ihren maximalen Öffnungshub durchfahren hat, für die Strömungsverhältnisse keine entscheidende Rolle mehr. Zu Beginn der Öffnungshubbewegung unterbleibt durch die Ausnehmungen 35 die hydraulische Kraft durch den Druckanstieg in der Ringnut 25, so dass die Öffnungskraft allein durch die hydraulisch wirksame Fläche der ersten Konusfläche 10 bestimmt wird. Der maximale Öffnungshub der Ventilmadel 5 beträgt in der Regel nicht mehr als 0,2 mm.

Die Ausnehmungen 35 beim in Figur 2 gezeigten Ausführungsbeispiel lassen sich beispielsweise durch Ätzen herstellen oder durch das Einbringen der Ausnehmungen 35 mittels eines Lasers, so dass eine hydraulische Verbindung der Ringnut 25 mit dem brennraumseitig zur Ringnut gelegenen zweiten Abschnitt der zweiten Konusfläche 22 hergestellt wird.

In Figur 3 ist derselbe Ausschnitt wie in Figur 2 eines anderen Ausführungsbeispiels dargestellt. Die Ausnehmungen 35 bestehen hier aus einer Vielzahl von Nuten 38, deren brennraumabgewandtes Ende mit der zweiten Kante 29 zusammenfällt und die bis zu einem brennraumseitig zur Ringnut 25 gelege-

nen Abschnitt der zweiten Konusfläche 22 reichen. Durch die Nuten 38 wird bei einer entsprechenden Tiefe ein ausreichender Querschnitt zur Verfügung gestellt, der zu einer hydraulischen Entlastung der Ringnut 25 im Teilhubbereich führt.

5 Wie weit die Nuten 38 auf der zweiten Konusfläche 22 in Richtung des Brennraums reichen, bestimmt sich durch den Differenzwinkel δ_2 und die Lage der Einspritzöffnungen 14. Hier sind die Nuten 38 so weit, dass sie über die Einspritzöffnungen 11 hinausgehen. Die Nuten 38
10 sind vorzugsweise mikrostrukturiert hergestellt, das heißt, dass sie eine Tiefe von vorzugsweise weniger als 50 μm aufweisen. Die Breite der Nuten 38, die in Figur 4a nochmals in einem Querschnitt der Ventilnadel 5 dargestellt sind, beträgt vorzugsweise 5 μm bis 50 μm . Um möglichst wenig Mate-
15 rial von der zweiten Kante 29 durch die Ausbildung der Nuten 38 zu entfernen und damit die Fläche zu verringern, mit der die Ventilnadel 5 im Bereich der zweiten Kante 29 am Ventil-
sitz 12 aufliegt, können die Nuten 38 mit einem Verhältnis von Breite b zu Tiefe t hergestellt werden, bei der die Tie-
20 fe t das ein- bis zehn-fache der Breite b beträgt. Hierdurch erreicht man eine minimale Reduzierung der Fläche im Bereich der zweiten Kante 29 unter Beibehaltung des Durchflussquer-
schnitts, der ausreichend ist, den Druckanstieg in der Ringnut 25 im Teilhubbereich zu unterbinden. Neben einem recht-
eckigen Querschnitt, wie es Figur 4a zeigt, ist es bei-
spielsweise auch möglich, die Nuten 38 mit einem im wesent-
lichen halbkreisförmigen Querschnitt herzustellen, wie es
Figur 4b zeigt. Je nach verwendeter Herstellungsmethode ist
im allgemeinen ein bestimmter Querschnitt leichter herstell-
30 bar als ein anderer, so dass der für den Herstellungsprozess jeweils günstigste ausgewählt werden kann.

Figur 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, wobei der-
selbe Ausschnitt wie in Figur 3 dargestellt ist. Das brenn-
35 raumabgewandte Ende der Nuten 38 liegt hier innerhalb der

Ringnut 25, und die Nuten 38 verlaufen entlang der Mantellinien der zweiten Konusfläche 22. Die Ausbildung derartiger Nuten 38 ist insofern vorteilhaft, als es fertigungstechnisch schwierig ist, das brennraumabgewandte Ende der Nuten 38 so auszubilden, dass es genau mit der zweiten Kante 29 zusammenfällt. Durch die Ausbildung des brennraumseitigen Endes der Nuten 38 näherungsweise in der Mitte der Ringnut 25, wobei die Nuten 38 über die zweite Kante 29 hinweglaufen, ist eine problemlose Fertigung der Nuten 38 gewährleistet.

Figur 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, wobei derselbe Ausschnitt wie in Figur 3 gezeigt ist. Die linke Hälfte der Figur 6 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem die Nuten 38 geschwungen C- oder S-förmige ausgebildet sind. Eine solche Form der Nuten 38 ist insofern vorteilhaft, als sich beim Herstellungsprozess mittels eines Lasers der Laserstrahl bei ruhender Ventilnadel 5 entlang der Mantellinien der zweiten Konusfläche 22 bewegt. Zur Ausbildung von geraden Nuten 38 muss folglich die Ventilnadel 5 ruhig gehalten werden, solange der Laserstrahl 5 die Nut 38 einbringt. Dieser Herstellungsprozess lässt sich beschleunigen, wenn die Ventilnadel 5 kontinuierlich gedreht wird und der Laser hierbei seine Bewegung vollführt, was eine Beschleunigung des Herstellungsvorgangs ermöglicht. Die so entstehenden Nuten 38 sind gebogen, erfüllen aber genauso ihren Zweck, den Druckanstieg in der Ringnut 25 zu verhindern. Die rechte Hälfte der Figur 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem die Nuten 38 abwechselnd eine unterschiedliche Länge aufweisen. Da die Drosselung im wesentlichen an der zweiten Kante 29 und im unmittelbaren Bereich der zweiten Konusfläche 22 verhindert werden soll, ist ein großer Querschnitt der Nuten 38 in diesem Bereich erforderlich. In den brennraumnäher liegenden Abschnitten der zweiten Konusfläche 22

ist eine Entlastung durch die Nuten 38 nicht mehr in dem Maße möglich, so dass hier wenige Nuten 38 genügen.

5 In Figur 7 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel dargestellt, wobei wiederum derselbe Ausschnitt wie in Figur 3 dargestellt ist. Die linke Hälfte der Figur 7 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem die Nuten 38 eine konstante Breite aufweisen und bis zum brennraumseitigen Ende, d.h. bis zur Endfläche 32 reichen. Je nach Lage der Einspritzöffnungen 14
10 und der Größe des Differenzwinkels δ_2 bietet eine solche Ausführung eine bessere Entdrosselung der Ringnut 25. Die rechte Hälfte der Figur 7 stellt ein weiteres Ausführungsbeispiel dar, bei dem die Nuten 38 eine nicht konstante Breite aufweisen. Am brennraumabgewandten Ende, also im Bereich der Ringnut 25 und der zweiten Kante 29, ist eine größere Breite vorhanden als am brennraumseitigen Ende der Nuten 38, was eine gute Entdrosselung der Ringnut 25 sicherstellt. Alternativ dazu kann es auch vorgesehen sein, dass
15 die Nuten 38 eine nicht konstante Tiefe aufweisen, wobei sich die größte Tiefe im Bereich der Ringnut 25 bzw. an der zweiten Kante 29 befindet und sich die Tiefe der Nuten 38 zu
20 ihrem brennraumseitigen Ende hin kontinuierlich verringert.

In Figur 8 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel dargestellt, wobei die Ausnehmungen 35 als Flächenanschliffe 37 ausgebildet sind. Figur 8a zeigt eine Draufsicht der Ventilnadel 5, bei dem die Anordnung der Flächenanschliffe 37 deutlich wird. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind vier Flächenanschliffe 37 auf der zweiten Konusfläche 22 angeordnet, die
30 von der Ringnut 25 bis zur Stirnfläche 32 reichen und für die hydraulische Verbindung sorgen. Die Tiefe der Flächenanschliffe 37 kann variiert werden, wobei sich je nach Größe der Flächenanschliffe 37 der tragende Teil der zweiten Konusfläche 22 ändert, also der Teil, mit dem die zweite Konusfläche 22 auf dem Ventilsitz 12 aufliegt. Die Anzahl der
35

Flächenanschliffe 37 kann frei gewählt werden, jedoch werden vorteilhafterweise wenigstens zwei Flächenanschliffe 37 vorgesehen sein, die gleichmäßig über den Umfang der zweiten Konusfläche 22 verteilt angeordnet sind, um eine gleichmäßige Verteilung der Anpresskräfte der Ventilnadel 5 auf dem Ventilsitz 12 zu erreichen.

In Figur 9 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel dargestellt, wobei der Ventilkörper 1 im Bereich des Ventilsitzes 12 verschieden zu den vorher gezeigten Ausführungsbeispielen ausgebildet ist. An den konischen Ventilsitz 12 schließt sich brennraumseitig ein Sackvolumen 40 an, wobei am Übergang des konischen Ventilsitzes 12 zum Sackvolumen 40 eine Übergangskante 42 ausgebildet ist. Die Nuten 38 sind so weit in Richtung des Sackvolumens 40 geführt, dass ihr Ende wenigstens bis zur Übergangskante 42 reicht. Neben der Entdrosselung der Ringnut 25 im Teilhubbereich haben die Nuten 38 hier die Wirkung, dass auch die Drosselung beim Einlauf in das Sackvolumen 40 im Bereich der Übergangskante 42 entdrosselt wird. Dadurch strömt der Kraftstoff bei voll geöffneter Ventilnadel 5 mit geringeren Verlusten in das Sackvolumen 40, so dass eine Einspritzung mit höheren Drücken durch die vom Sackvolumen 40 abführenden Einspritzöffnungen 14 erfolgt.

Die Anzahl der über den Umfang der Ventilnadel 5 angeordneten Nuten 38 bemisst sich nach dem gewünschten Querschnitt. Als vorteilhaft hat sich hierbei erwiesen, wenigstens acht Nuten über den Umfang der zweiten Konusfläche 22 verteilt auszubilden. Es kann aber auch vorgesehen sein, deutlich mehr Nuten 38 auszubilden und diese dafür mit einer entsprechend geringeren Tiefe auszubilden.

Figur 10 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Kraftstoffeinspritzventils. Die Ventilnadel 5 weist hierbei keine Ausnehmungen auf der Ventildichtfläche 10 auf, statt dessen

sind Ausnehmungen 35 auf dem Ventilsitz 12 ausgebildet. Die Ausnehmungen 35 sind hier als Nuten 38 ausgebildet, deren brennraumabgewandtes Ende auf Höhe der Ringnut 25 liegt und die bis zu einem brennraumseitig zur Ringnut 25 gelegenen
5 Abschnitt des Ventilsitzes 12 reichen. Die Nuten 38 sind hier so ausgebildet, dass sie die Einspritzöffnungen 11, die vom Ventilsitz 12 ausgehen, nicht schneiden. Figur 11 zeigt einen Querschnitt durch Figur 10 entlang der Linie B-B, wobei die Ventilnadel 5 hier weggelassen wurde. Es sind die
10 Nuten 38 erkennbar, die abwechselnd mit den Einspritzöffnungen 11 über den Ventilsitz 12 verteilt angeordnet sind. Hier sind exemplarisch jeweils drei Einspritzöffnungen 11 und Nuten 38 gezeigt, jedoch kann auch jede andere Anzahl vorgesehen sein. Durch diese Ausbildung der Nuten 38 werden die
15 Einlaufverhältnisse der Einspritzöffnungen 11 gegenüber den bekannten Kraftstoffeinspritzventilen nicht verändert, so dass hier keine neue Abstimmung vorgenommen werden muss.

In Figur 12 ist dieselbe Ansicht wie in Figur 10 eines weiteren Ausführungsbeispiels dargestellt, wobei die Nuten 38 hier nicht zwischen den Einspritzöffnungen 11 verlaufen, sondern über diese hinweg. Dies bringt einen weiteren Vorteil mit sich: Aufgrund einer leichten Fehlstellung der Ventilnadel 5 kann es beim Betrieb des Kraftstoffeinspritzventils
20 vorkommen, dass die Ventilnadel 5 leicht desachsiert ist und dadurch den Zulauf von Kraftstoff zu einer oder mehreren Einspritzöffnungen 11 behindert, während der Spalt zwischen Ventildichtfläche 10 und Ventilsitz 12 bei den übrigen Einspritzöffnungen 11 zu groß ist. Die Folge ist eine
30 ungleichmäßige Einspritzung und damit eine ungleichmäßige Kraftstoffverteilung im Brennraum. Durch die Anordnung der Nuten 38 wird jeder Einspritzöffnung 11 gezielt Kraftstoff zu geführt, so dass eine Desachsierung der Ventilnadel 5 ohne wesentliche Wirkung auf die Mengenverteilung des Kraftstoffs zwischen den Einspritzöffnungen 11 bleibt. Figur 13
35

zeigt eine perspektivische Ansicht des Ventilkörpers 1 ohne Ventalnadel 5, so dass der Verlauf der Nuten 38 auf dem Ventilsitz 12 besser ersichtlich ist.

5 In Figur 14 ist dieselbe Ansicht wie in Figur 9 gezeigt, also ein Kraftstoffeinspritzventil, bei dem sich an den Ventilsitz ein Sackvolumen 40 anschließt. Die Ausnehmungen 35 sind hier ebenfalls als Nuten 38 im Ventilsitz 12 ausgebildet, die bis zur Übergangskante 42 des konischen Ventilsitzes 12 zum Sackvolumen 40 reichen. Dies hat auch hier zusätzlich die Wirkung, dass die Drosselung des Kraftstoffstroms an der Übergangskante 42 beim Einfließen in das Sackvolumen 40 gemindert wird.

10
15 Es kann auch vorgesehen sein, dass sowohl an der Ventildichtfläche 10 als auch am Ventilsitz 12 Ausnehmungen 35 ausgebildet sind, die eine entsprechende hydraulische Entlastung der Ringnut 25 im Teilhubbereich bewirken. Es sind dabei beliebige Kombinationen der in den in den Figuren 2 bis
20 8 gezeigten Ausführungsbeispielen mit denen der Figuren 9 bis 13 möglich. Der gesamte Durchflussquerschnitt kann so auf die Ausnehmungen 35 an diesen Flächen aufgeteilt werden, was eine geringere Tiefe der einzelnen Ausnehmungen 35 bei gleichem Durchflussquerschnitt ermöglicht.

Die Ausnehmungen 35 lassen sich besonders vorteilhaft mittels eines Lasers herstellen. Mit diesem kann sowohl eine rauhe Fläche, wie es Figur 2 zeigt, ausgebildet werden, als auch beliebige Formen und Tiefen der Nuten 38.

25.09.2002 H1/Kei

5 ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Ansprüche

- 10 1. Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen mit ei-
nem Ventilkörper (1), in dem eine Bohrung (3) ausgebildet
ist, die an ihrem brennraumseitigen Ende von einem koni-
schen Ventilsitz (12) begrenzt wird, und mit einer kol-
benförmigen Ventilnadel (5), die in der Bohrung (3)
15 längsverschiebbar angeordnet ist und die an ihrem brenn-
raumseitigen Ende eine Ventildichtfläche (10) aufweist,
die zwei Konusflächen (20; 22) umfasst, wobei die zweite
Konusfläche (22) brennraumseitig zur ersten Konusfläche
(20) angeordnet ist und zwischen den Konusflächen (20;
20 22) eine Ringnut (25) verläuft, deren brennraumabgewandte
Kante bei Anlage der Ventildichtfläche (10) am Ventilsitz
(12) als Dichtkante (27) wirkt, dadurch gekennzeichnet,
dass an der Ventildichtfläche (10) Ausnehmungen (35) aus-
gebildet sind, die die Ringnut (25) mit einem brennraum-
seitig zur Ringnut (25) gelegenen Abschnitt der zweiten
Konusfläche (22) hydraulisch verbinden.
2. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch ge-
kennzeichnet, dass die Ausnehmungen (35) als eine Aufrau-
hung der Ventildichtfläche (10) ausgebildet sind.
- 30 3. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch ge-
kennzeichnet, dass die Ausnehmungen (35) als Fläche-
nanschliffe (37) ausgebildet sind.

4. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausnehmungen (35) als eine Vielzahl von Nuten (38) ausgebildet sind.
- 5 5. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich an die Ventildichtfläche (10) brennraumseitig ein Sackvolumen (40) anschließt, von dem wenigstens eine Einspritzöffnung (11) abgeht, wobei die Ausnehmungen (35) wenigstens bis zur Übergangskante (42) zwischen dem Sackvolumen (40) und dem Ventilsitz (12) reichen.
10
6. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass alle Nuten (38) in derselben Radialebene der Ventilnadel (5) beginnen und von dort in Richtung des Brennraums führen.
- 15 7. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Nuten (38) unterschiedliche Längen aufweisen.
8. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Nuten (38) über die Einspritzöffnungen (11) hinausgehen.
9. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 4, 6, 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass das brennraumabgewandte Ende der Nuten (38) innerhalb der Ringnut (25) liegt.
- 25 10. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Nuten (38) Mikronuten sind, deren Tiefe (t) weniger als 50 μm beträgt.

11. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Nuten (38) eine Breite (b) von 5 μm bis 50 μm aufweisen.
- 5 12. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Nuten (38) gerade ausgebildet sind und entlang der Mantellinien der zweiten Konusfläche (22) verlaufen.
13. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Nuten (38) gerade sind und zu den Mantellinien der zweiten Konusfläche (22) geneigt sind.
14. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Tiefe (t) der Nuten (38) das 1- bis 10-fache ihrer Breite (b) beträgt.
- 15 15. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Breite (b) der Nuten (38) von ihrem brennraumabgewandten Ende aus zum Brennraum hin verringert.
16. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Nuten (38) S-förmig gebogen sind.
- 20 17. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Nuten (38) bis zum brennraumseitigen Ende der Ventilnadel (5) reichen.
- 25 18. Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen mit einem Ventilkörper (1), in dem eine Bohrung (3) ausgebildet ist, die an ihrem brennraumseitigen Ende von einem konischen Ventilsitz (12) begrenzt wird, und mit einer kolbenförmigen Ventilnadel (5), die in der Bohrung (3) längsverschiebbar angeordnet ist und die an ihrem brenn-

5 raumseitigen Ende eine Ventildichtfläche (10) aufweist,
die zwei Konusflächen (20; 22) umfasst, wobei die zweite
Konusfläche (22) brennraumseitig zur ersten Konusfläche
(20) angeordnet ist und zwischen den Konusflächen (20;
10 22) eine Ringnut (25) verläuft, deren brennraumabgewandte
Kante bei Anlage der Ventildichtfläche (10) am Ventilsitz
(12) als Dichtkante (27) wirkt, dadurch gekennzeichnet,
dass am Ventilsitz (12) Ausnehmungen (35) ausgebildet
sind, die die Ringnut (25) mit einem brennraumseitig zur
Ringnut (25) gelegenen Abschnitt des Ventilsitzes (12)
hydraulisch verbinden.

19. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 18, dadurch ge-
kennzeichnet, dass die Ausnehmungen (35) als gerade Nuten
(38) ausgebildet sind.

15 20. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 19, dadurch ge-
kennzeichnet, dass vom Ventilsitz (12) Einspritzöffnungen
(11) abgehen und die Nuten (38) bis zur Höhe dieser Ein-
spritzöffnungen (11) reichen.

20 21. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 20, dadurch ge-
kennzeichnet, dass die Nuten (38) zwischen den Einspritz-
öffnungen (11) verlaufen.

22. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 20, dadurch ge-
kennzeichnet, dass die Nuten (38) über die Einspritzöff-
nungen (11) verlaufen.

25 23. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 18, dadurch ge-
kennzeichnet, dass sich brennraumseitig an den Ventilsitz
(12) ein Sackvolumen (49) anschließt, von dem mehrere
Einspritzöffnungen (11) abgehen, wobei im Ventilsitz (12)
Nuten (38) ausgebildet sind, die von der Ringnut (25) bis

zur Übergangskante (42) des Ventilsitzes (12) zum Sackvolumen (40) reichen.

24. Kraftstoffeinspritzventil nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausnehmungen (35; 38) mit einem Laserverfahren hergestellt sind.

25.09.2002 H1/Kei

5 ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen

10 Zusammenfassung

15 Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen mit einem Ventilkörper (1), in dem eine Bohrung (3) ausgebildet ist, die an ihrem brennraumseitigen Ende von einem konischen Ventilsitz (12) begrenzt wird. In der Bohrung (3) ist eine kolbenförmige Ventilnadel (5) längsverschiebbar angeordnet, die an ihrem brennraumseitigen Ende eine Ventildichtfläche (10) aufweist, die zwei Konusflächen (20; 22) umfasst. Hierbei ist die zweite Konusfläche (22) brennraumseitig zur ersten Konusfläche (20) angeordnet, und zwischen den Konusflächen (20; 22) verläuft eine Ringnut (25), deren brennraumabgewandte Kante bei Anlage der Ventildichtfläche (10) am Ventilsitz (12) als Dichtkante (27) wirkt. Am Ventilsitz (12) und/oder an der Ventildichtfläche (10) sind Ausnehmungen (35) ausgebildet, die die Ringnut (25) mit einem brennraumseitig zur Ringnut (25) gelegenen Abschnitt zwischen Ventilsitz (12) und Ventildichtfläche (10) hydraulisch verbinden (Figur 3; Figur 10).

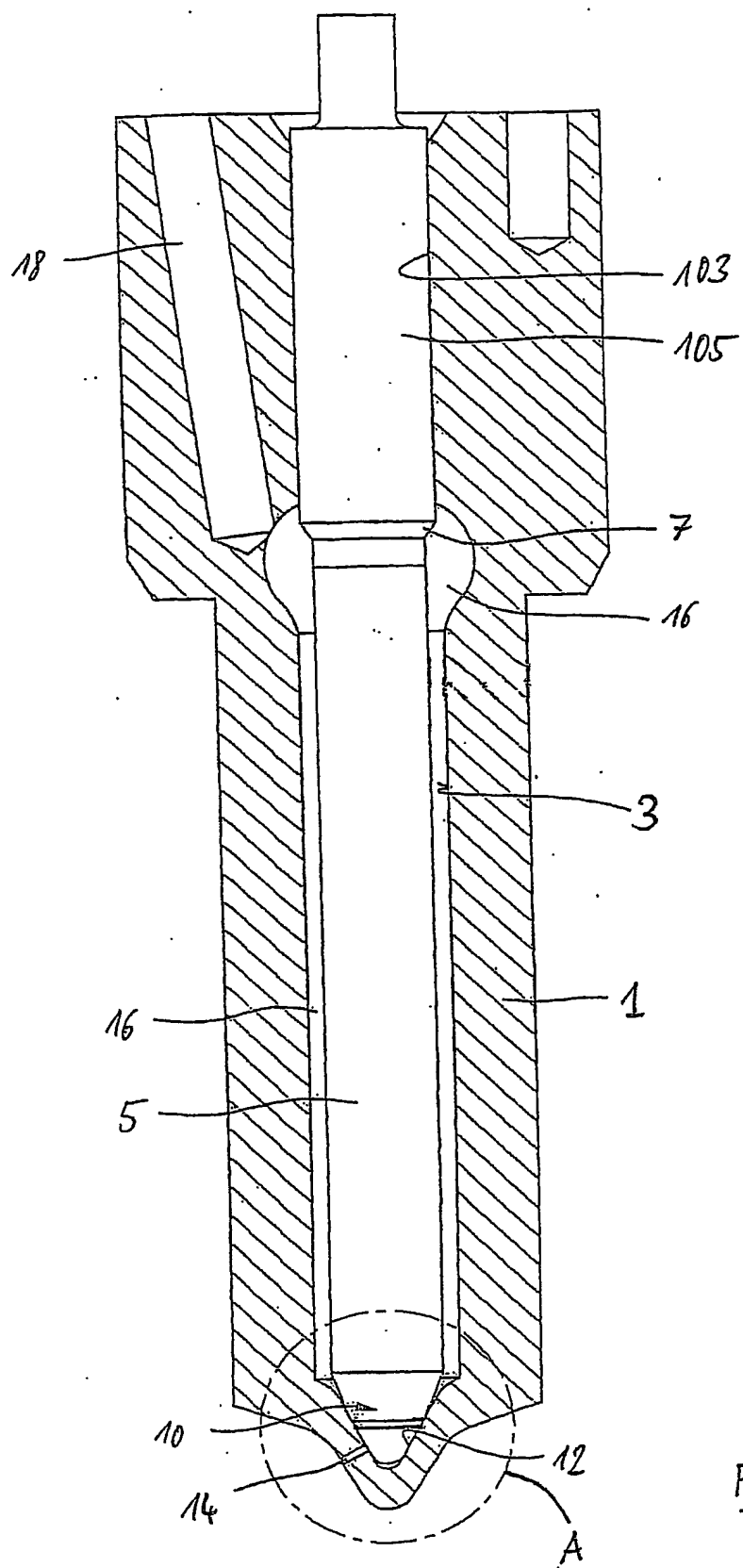


Fig. 1

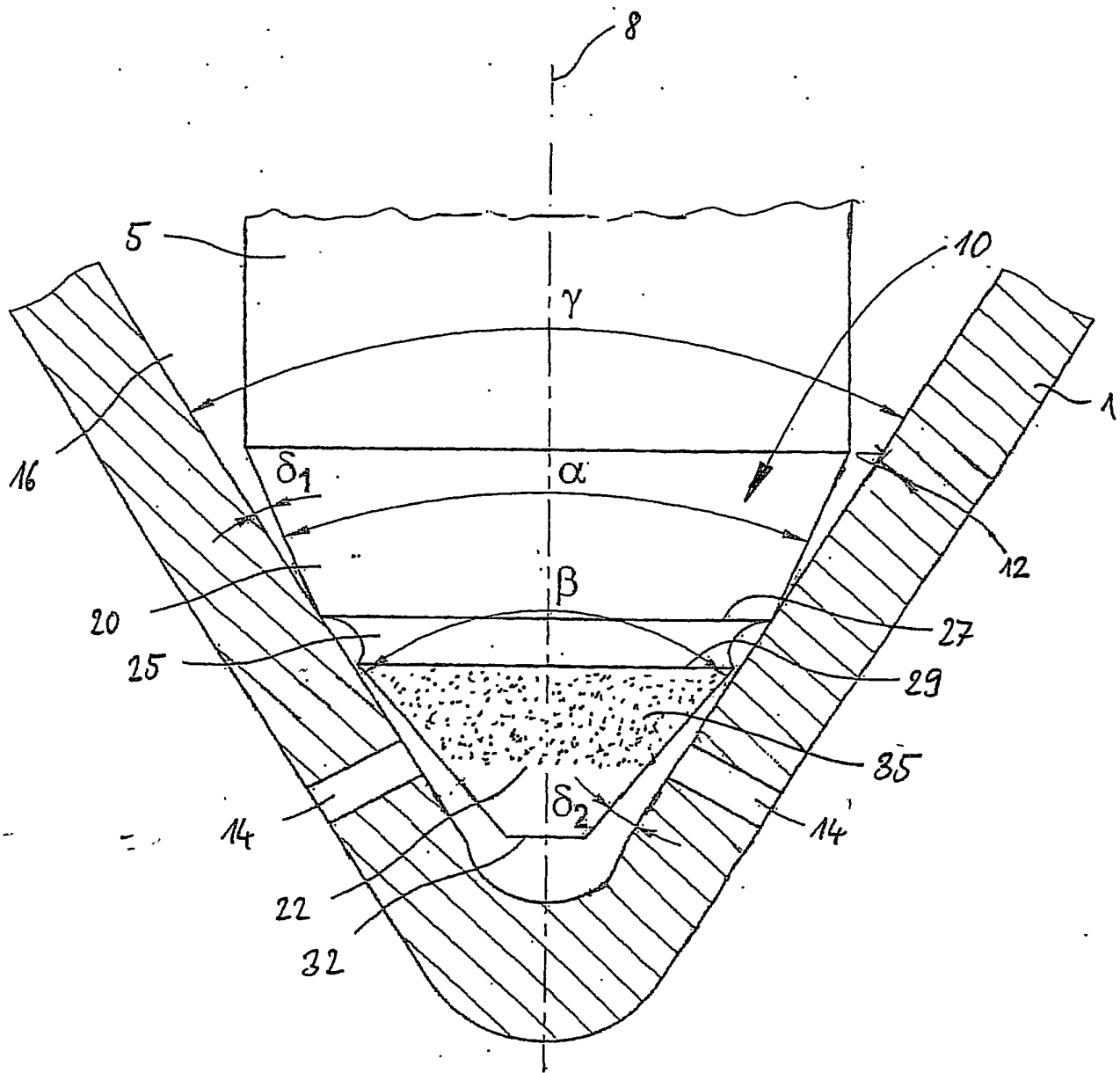


Fig. 2

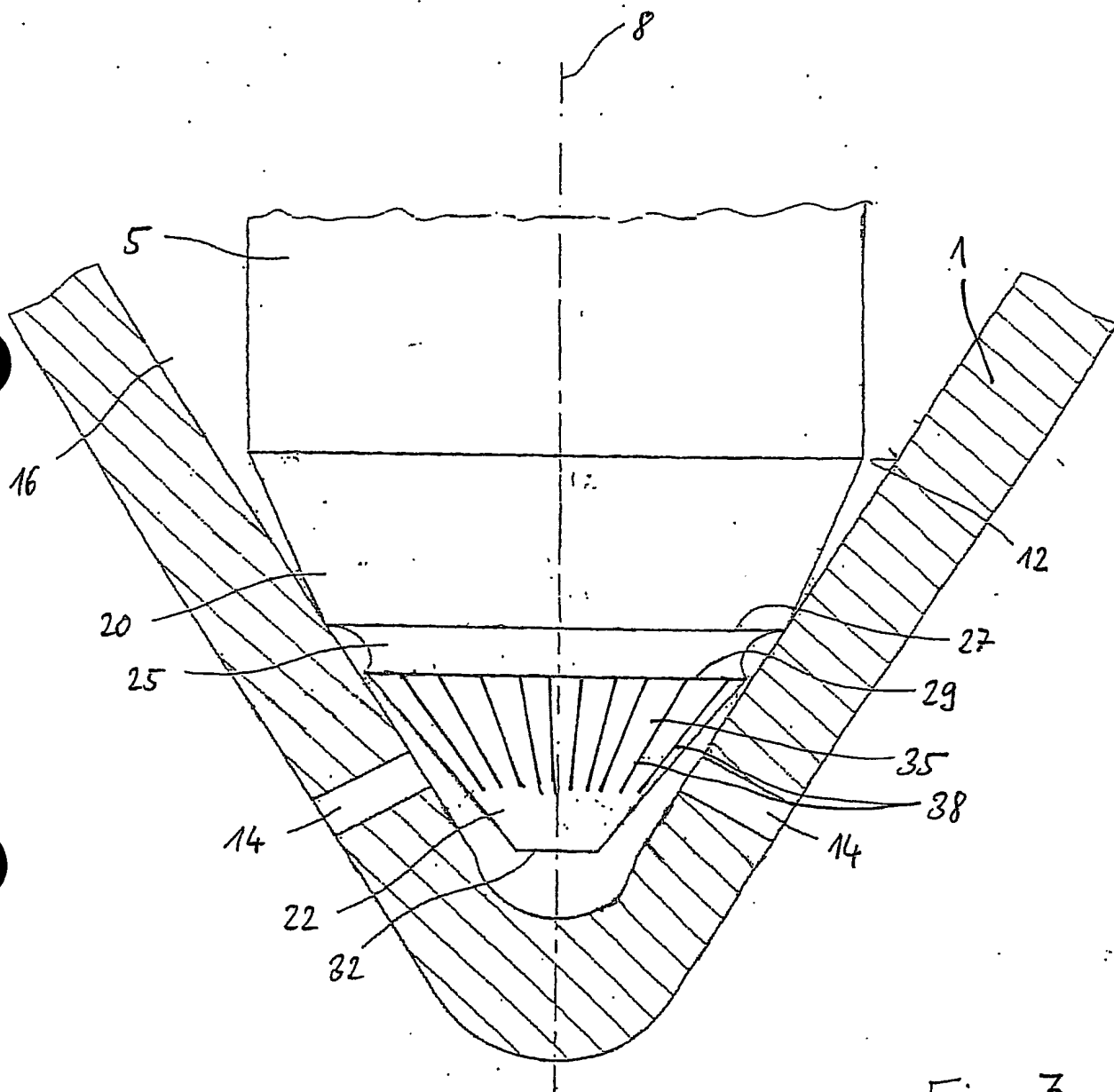


Fig. 3

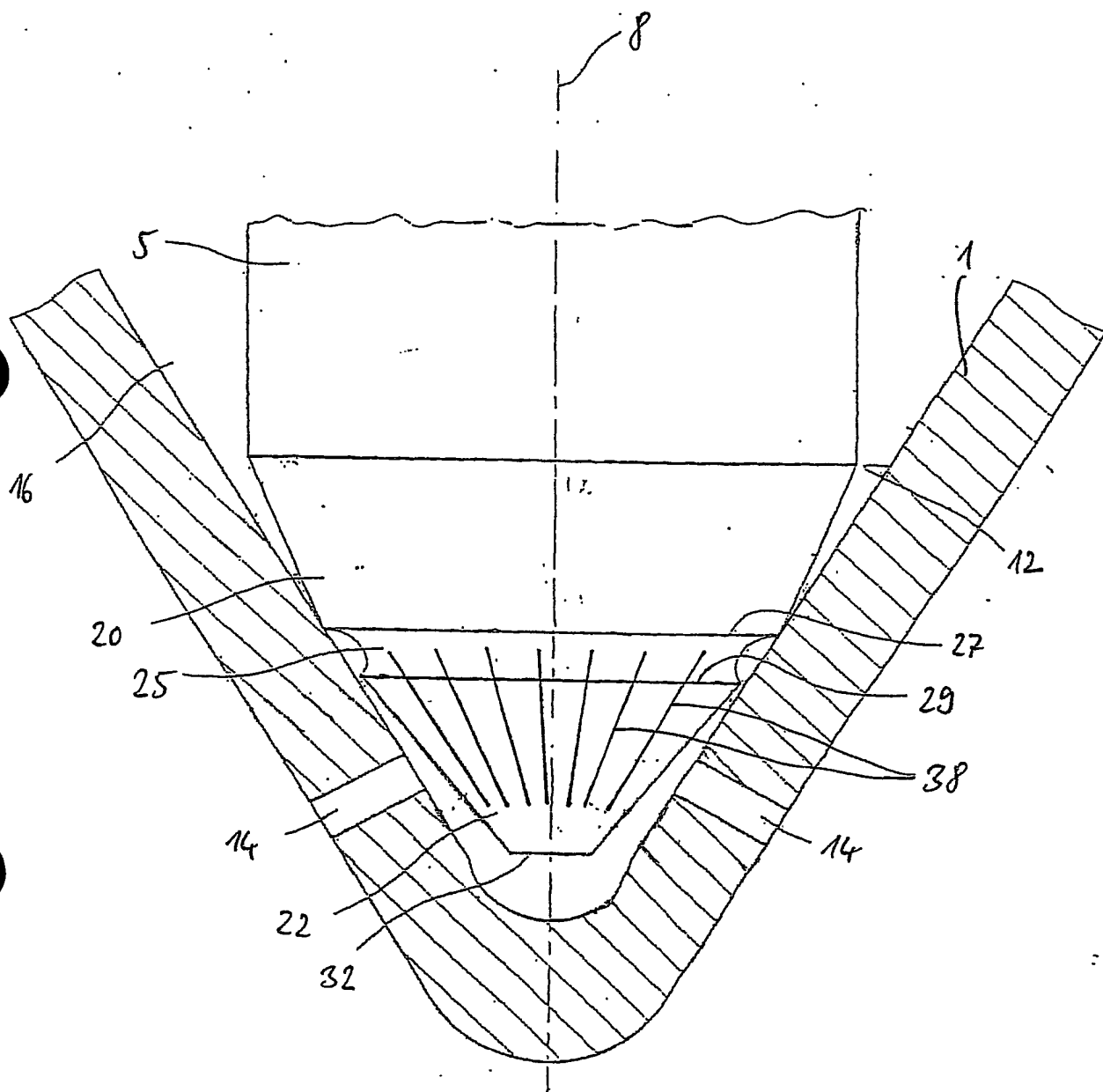


Fig. 5

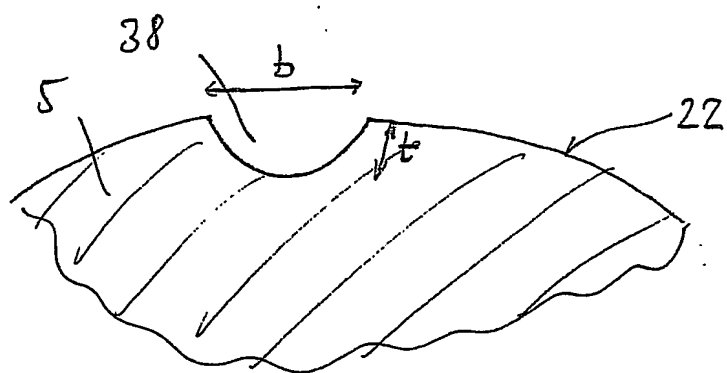


Fig. 4b

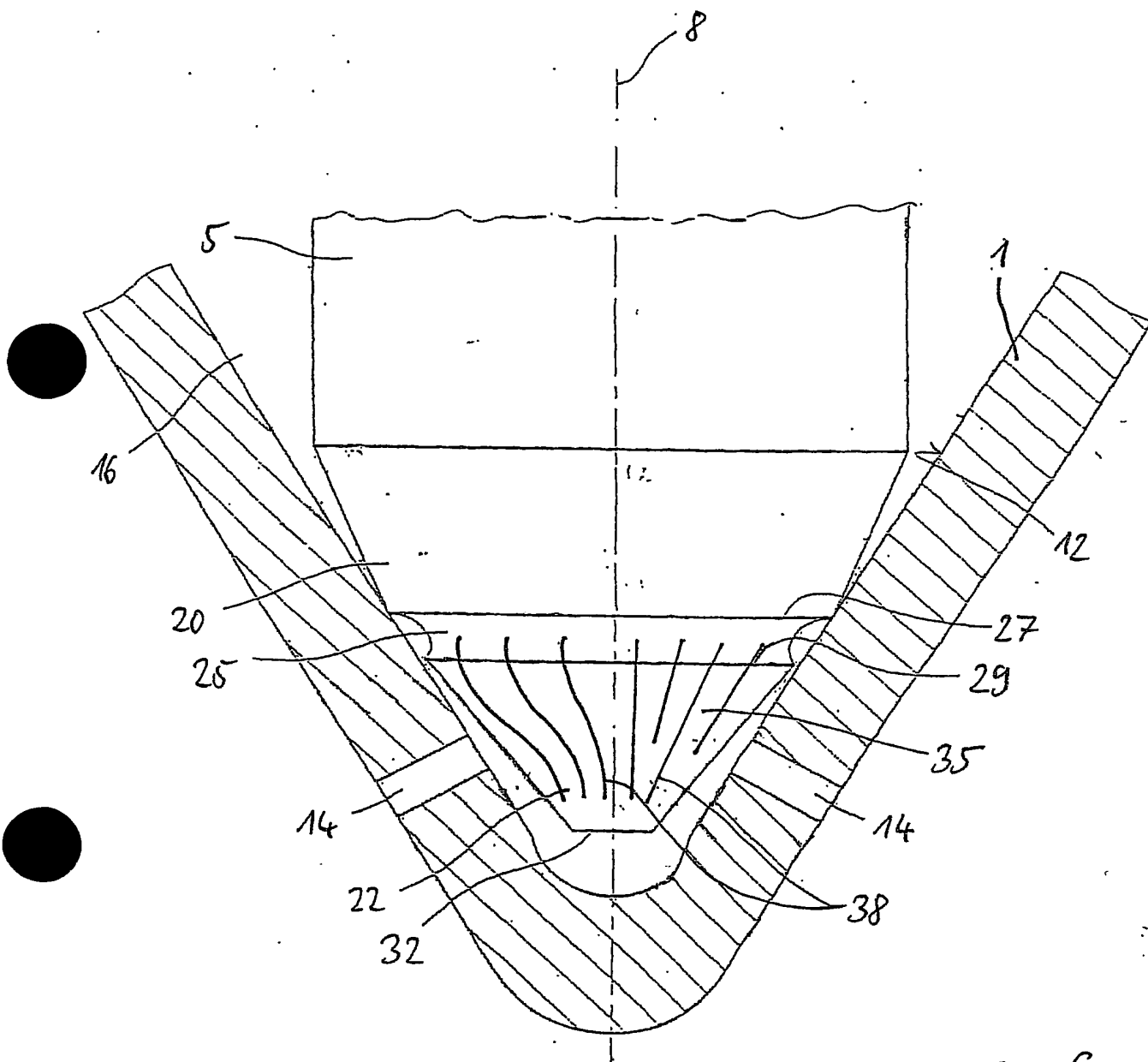


Fig. 6

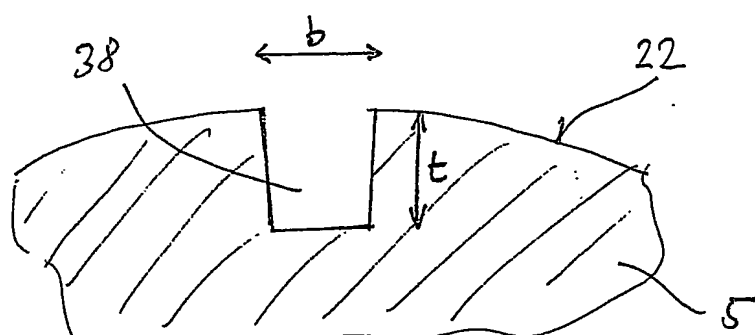


Fig. 4a

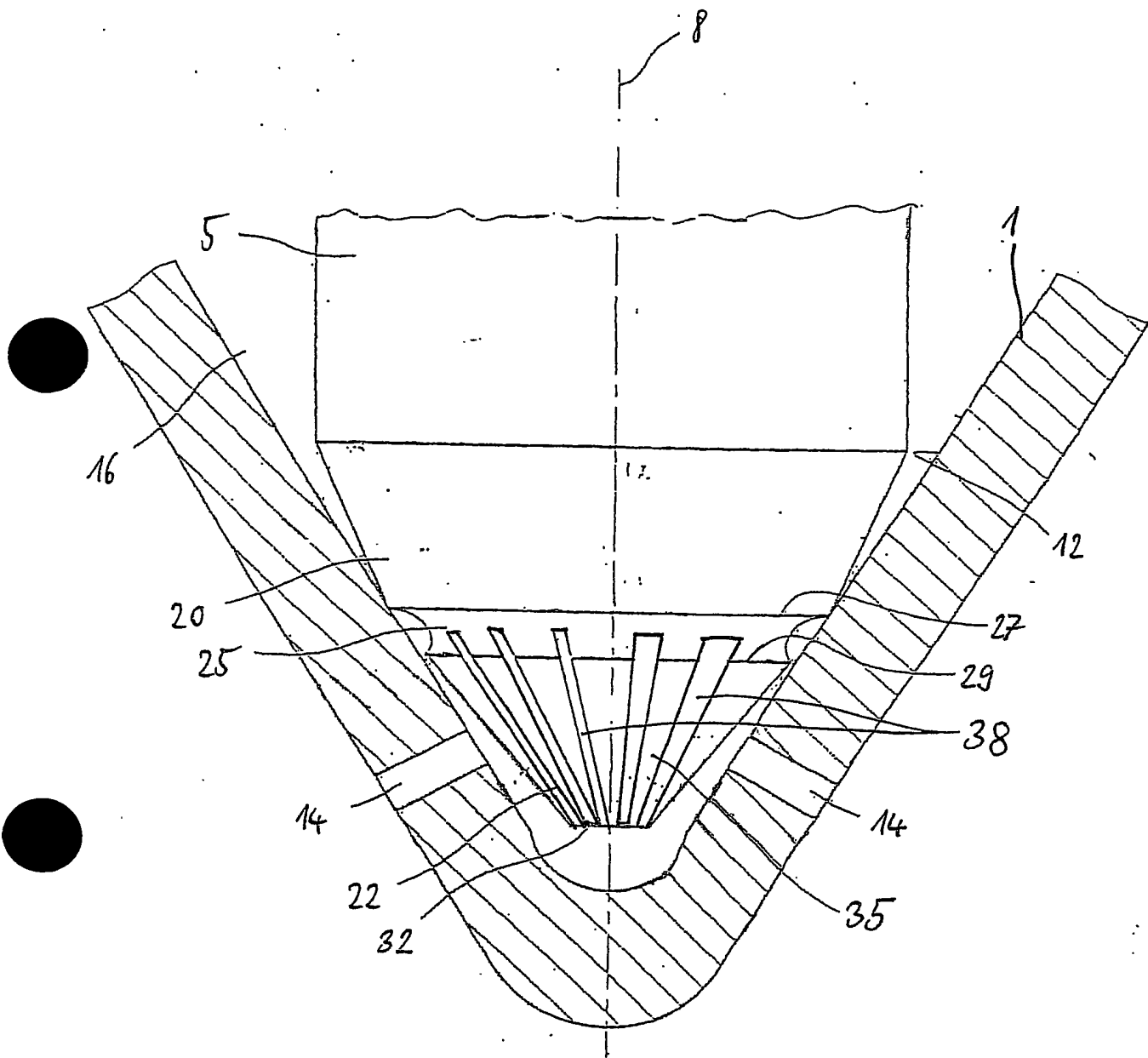


Fig. 7

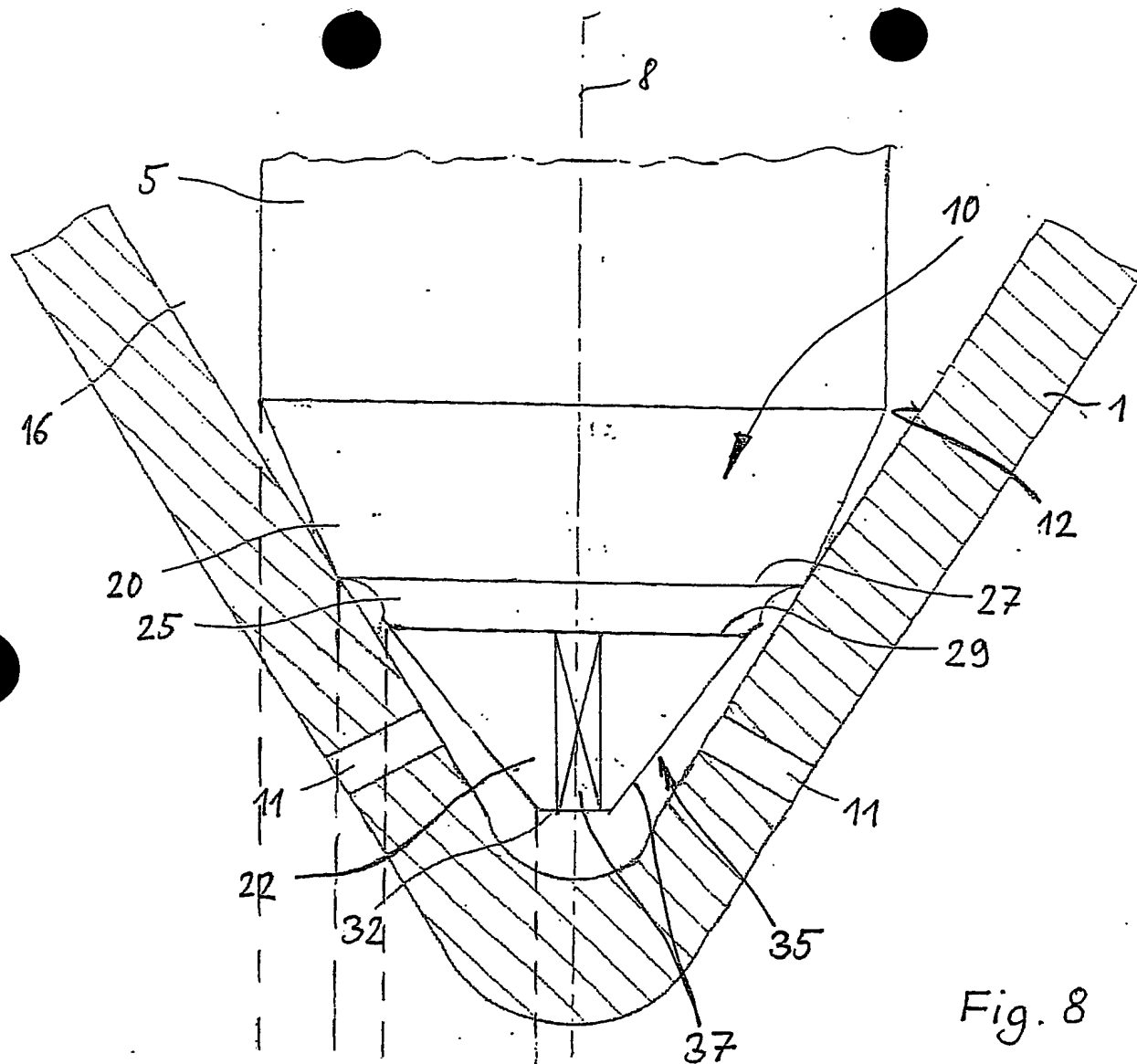


Fig. 8

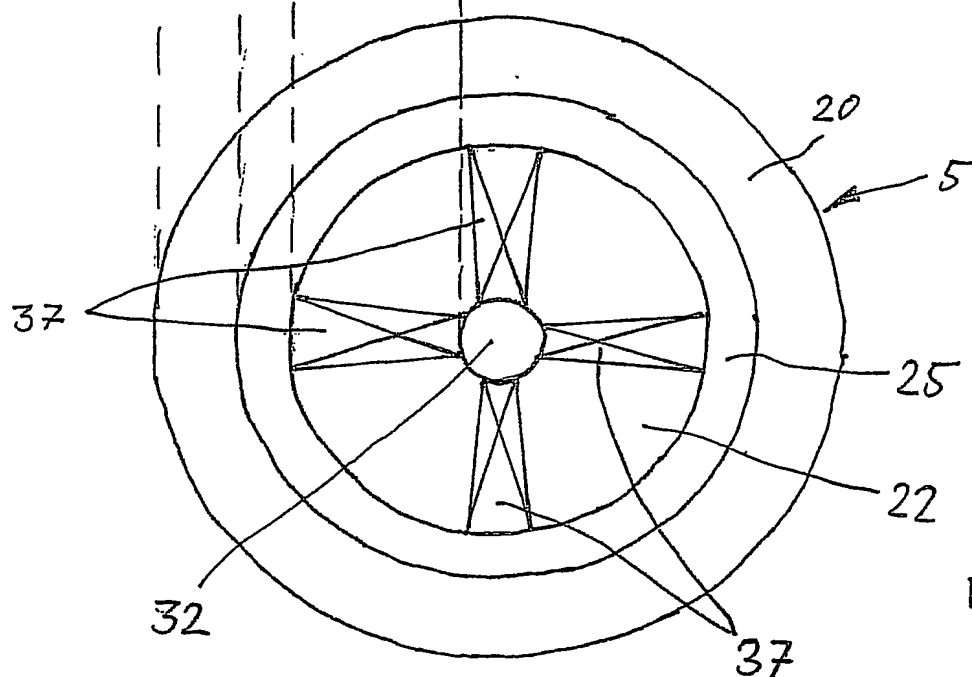


Fig. 8a

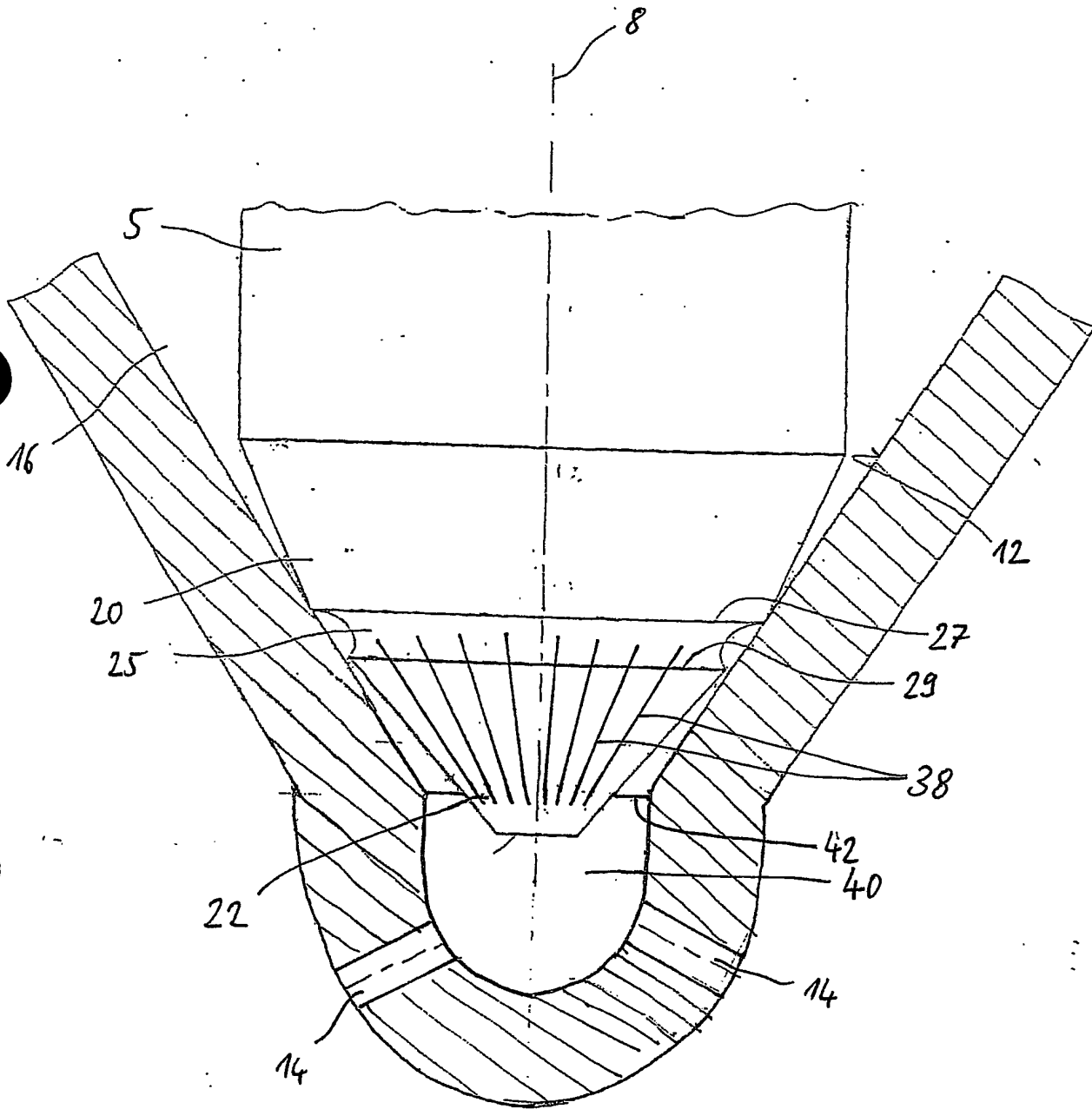


Fig. 9

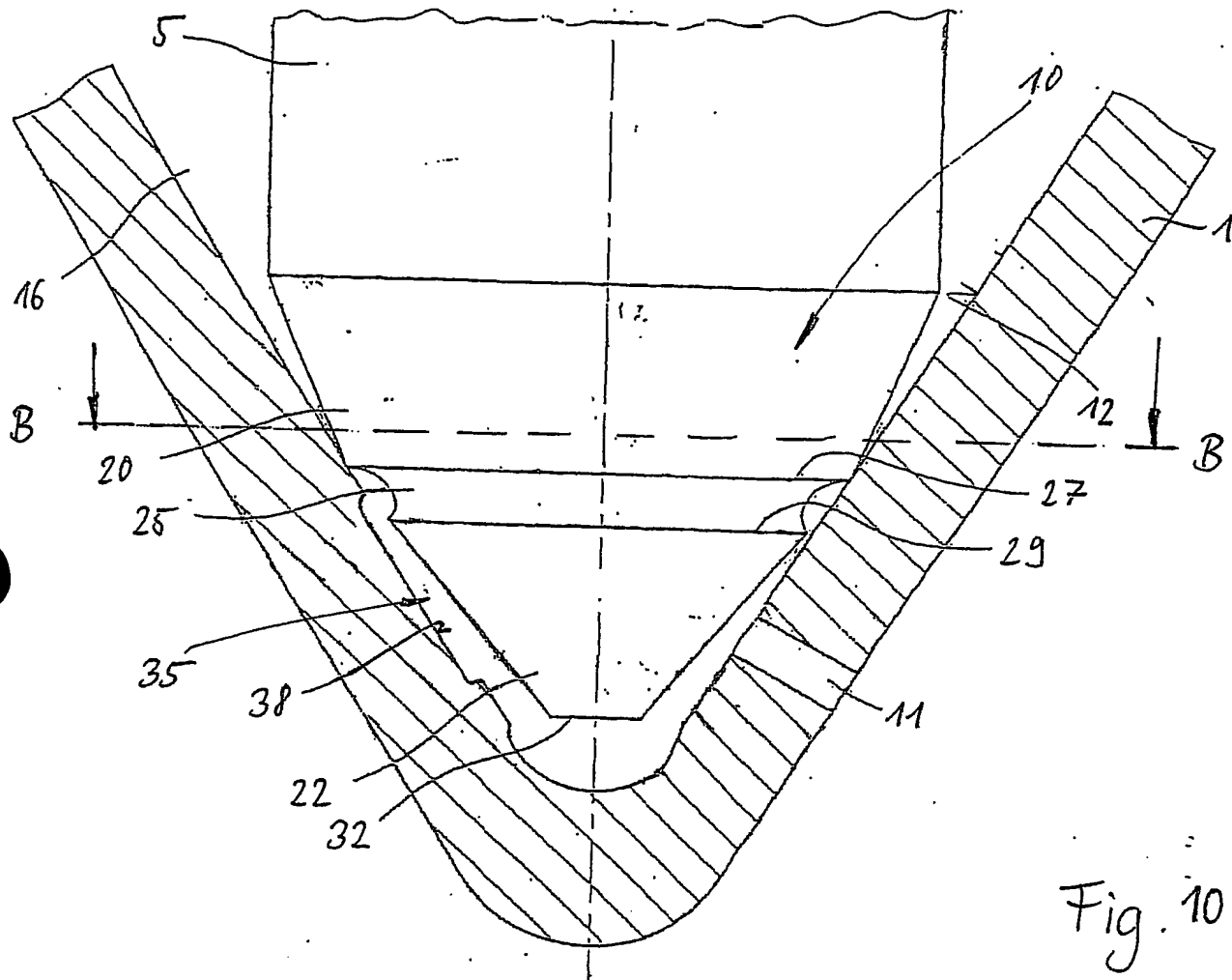


Fig. 10

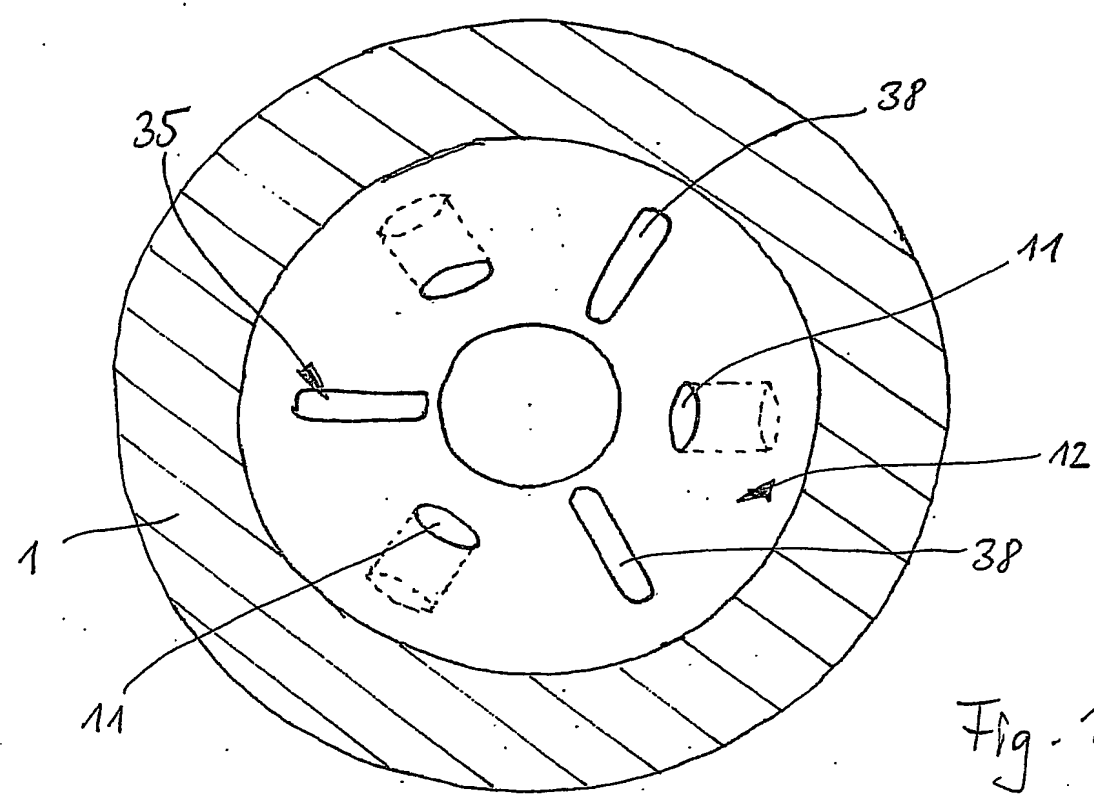


Fig. 11

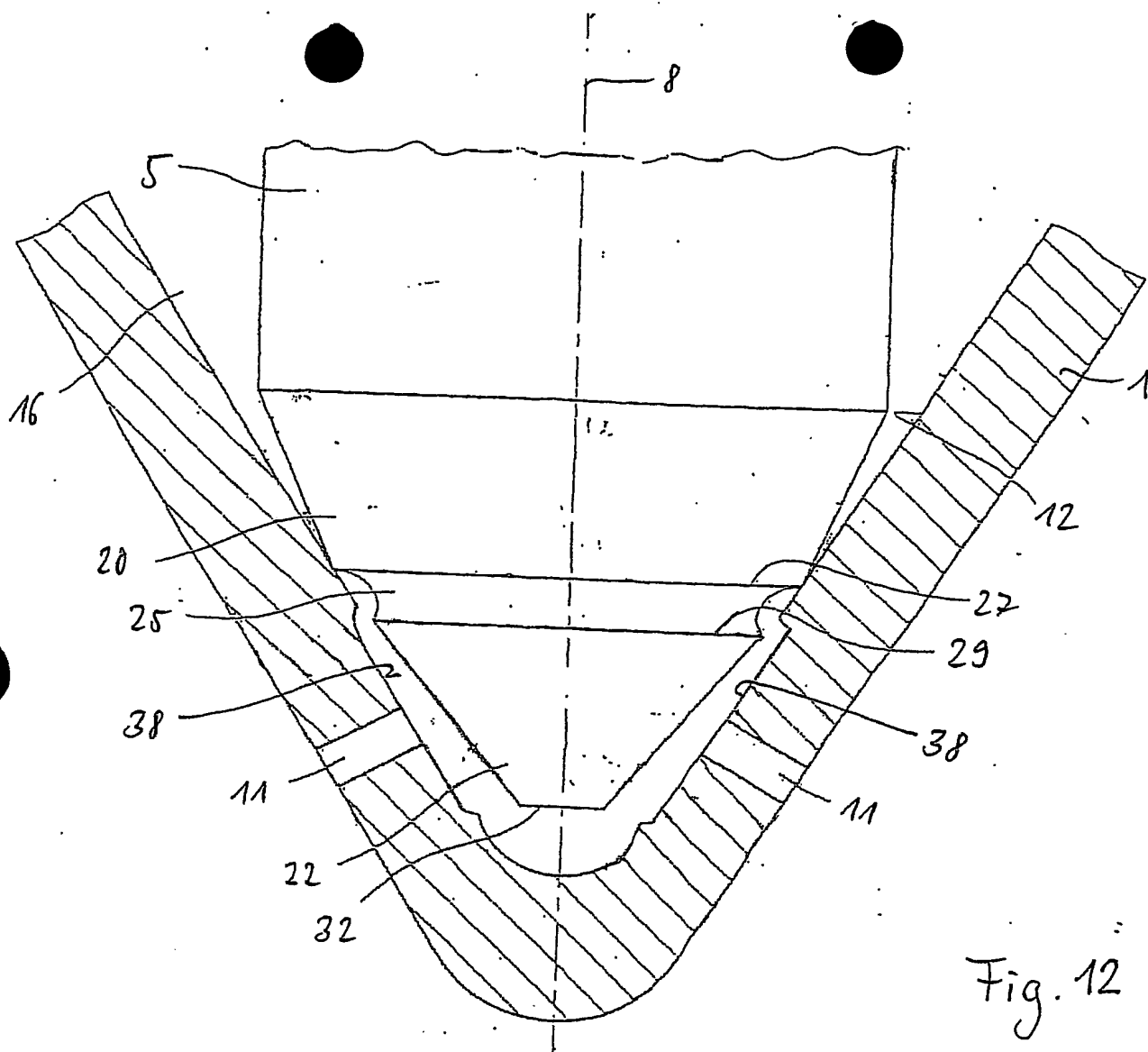


Fig. 12

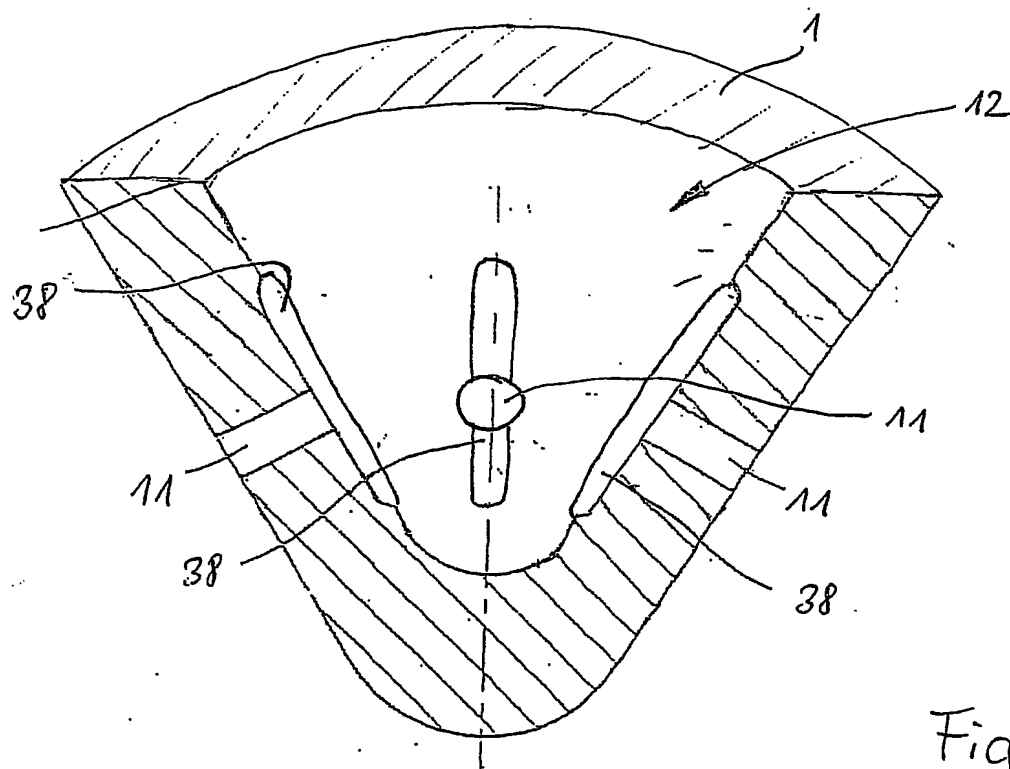


Fig. 13

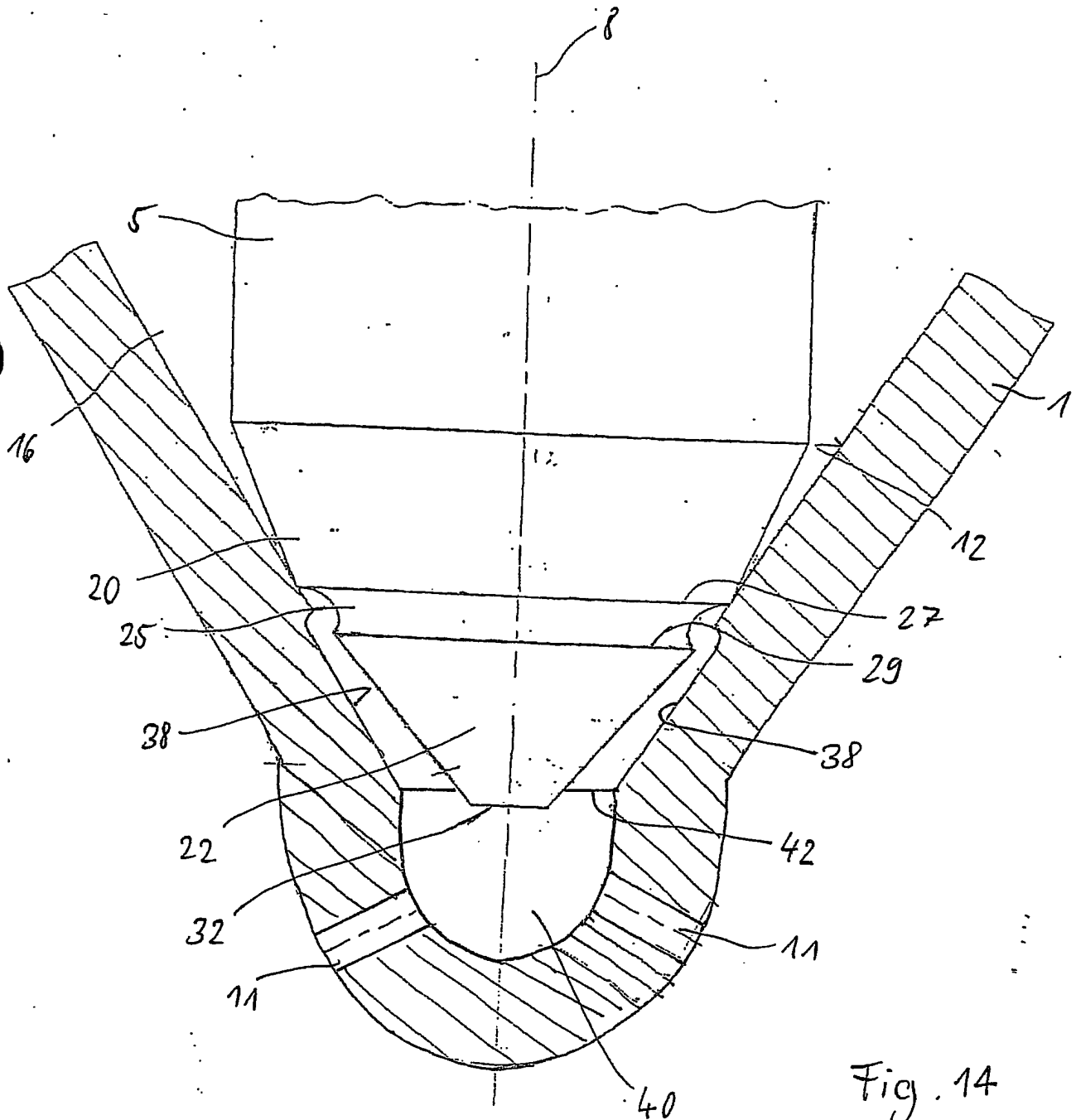


Fig. 14

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.